

Express Mail Cert. No.  
EV 367 775 329 US  
Serial No. 10/630,351

German Patent No. 19 640 460 A1 (Offenlegungsschrift)

---

Job No.: 6359-99327

Ref.: DE19640460A

Translated from German by the Ralph McElroy Translation Company  
910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY  
 GERMAN PATENT OFFICE  
 PATENT NO: 19,640,460 A1  
 (Offenlegungsschrift)

Int. Cl.<sup>6</sup>: C 02 F 1/44

Filing No: 196 40 460.6

Filing Date: September 30, 1996

Laid-Open to Public Inspection: April 9, 1998

WATER DESALINATION REVERSE OSMOSIS UNIT

Inventors: Thomas Altmann, 38302  
 Wolfenbüttel (Germany)

Applicant: Salzgitter Anlagenbau GmbH,  
 38239 Salzgitter (Germany)

Agents: H. Drömer, 30659 Hannover

The following data were taken from the documents submitted by the applicant.

Examination request made according to Section 44, Patent Law.

The invention concerns a desalination plant according to the principle of reverse osmosis. With such plants, it has been common, up to now, to generate current from the steam obtained and by means of electric motors to drive the pump for the production of the high pressure of the water to be desalinated.

The problem of the invention was to operate the desalination plant with a clearly lower expenditure of energy by an increased total efficiency and in this way to lower the costs.

In order to solve this problem, the pump is directly connected to a steam turbine, in accordance with the invention, which is operated with steam from the steam production unit, in a desalination plant which is connected to a steam production unit and has at least one high-pressure pump for the water to be desalinated and at least one membrane for carrying out reverse osmosis.

The invention refers to a desalination plant according to the principle of reverse osmosis.

With such plants, the water to be desalinated is pressed, under high pressure, in continuous operation, against a semipermeable wall. This wall can be formed by the most varied materials and

most varied modes of construction. The operating pressure and the temperature of the water to be desalinated are established, in adaptation to the characteristic data, in particular, of the membrane, wherein the service life of the membrane, which is dependent on the pressure and the temperature, has to be taken into consideration.

With such plants, it has been common up to now to generate current from the steam obtained and by means of electric motors, to drive the pump for the production of the high pressure of the water to be desalinated. Desalination plants are frequently coupled with power plants, so that, for example, steam is produced from the residual heat of the waste gas of a power plant, which also serves to operate the thermal desalination plant.

The production of current has the disadvantage that, to drive the pump, current must first be produced with the steam, in order to be able to drive the electric motor. This takes place, as is known, with a poor efficiency only, wherein the total efficiency is further reduced.

The problem of the invention was to operate the desalination plant with a clearly lower expenditure of energy but an increased total efficiency and thus to lower the costs.

In order to solve this problem, a pump is connected directly with a steam turbine, in accordance with the invention, which is operated with steam from the steam-producing unit, in a desalination plant which is connected with a steam-producing plant and has at least a high-pressure pump for the water to be desalinated and at least one membrane for carrying out a reverse osmosis.

By directly using steam on the steam turbine, which drives the pump, a clear reduction of the energy consumption needed per  $m^3$  desalinated water is seen. Another advantage is that a rotational speed regulation can take place in the steam turbine without further expense, so that a quantitative flow regulation of the water to be desalinated and thus also of the desalinated water is possible. With electrically driven pumps, a rotational speed regulation is also possible, but it is technically cumbersome and expensive.

The desalination plants are usually fed with seawater or brackish water. The salt water is subject to seasonal fluctuations in its temperature. Also, the performance of the unit for reverse osmosis is dependent on the temperature. The performance of the desalination plant must therefore be designed relative to the lowest water temperature. Since at higher water temperatures, it is not possible to operate under constant pressure, a pressure relief of the reverse osmosis unit must take place. After the pressure was previously produced with energy expenditure, this, in the end, leads to a waste in energy.

Avoiding this is another problem which the invention has to solve.

In addition, a provision is made, in accordance with the invention, so as to connect the steam turbine, which is used to operate the pump, with a heat exchanger for the preheating of the water to be desalinated. The required quantity of vapor can be branched off the steam turbine, on the entry side. It is particularly advantageous, however, to conduct the steam exiting from the

steam turbine via the heat exchanger, where a cooling of the steam takes place with a subsequent pressure relief, so that the low-pressure condensed product is present, which can again be used for the production of steam. Provision is made, in particular, to heat the water to be desalinated to an essentially season-independent temperature in the heat exchanger. In this way, there will be essentially steady, constant operating conditions in the reverse osmosis unit, with regard to the pressure and temperature of the water to be desalinated. By coordinating the characteristic data of the reverse osmosis unit, the operation can be adjusted in such a way that an optimal service life is attained. The preheating is, in particular, also advantageous because a production increase of approximately 2-3% is attained per temperature increase by 1 K, under a constant temperature.

It is appropriate to provide, in addition to the "main" heat exchanger, another heat exchanger in which the steam heats the salt-enriched water flowing out of the reverse osmosis. This is used to lower the temperature of the steam, so that after pressure relief, a low-pressure condensed product is present for the production of steam. With this other heat exchanger, an adaptation to seasonally changing temperatures of the water to be desalinated can take place. In the main heat exchanger, then, only enough heat is to be transferred as is required for the adjustment of the constant temperature of the water to be desalinated. The residual heat of the vapor is conducted away via the additional heat exchanger. Preferably, the additional heat exchanger is connected parallel to the main heat exchanger.

According to another appropriate embodiment of the desalination plant, in accordance with the invention, the pressure side of the plant for the reverse osmosis is connected, on the outlet side, with an energy recovery device coupled to the pump. This may be, in particular, a Pelton turbine mounted on the pump shaft driven by the steam turbine. In this way, the still relatively high pressure of the salt-enriched water, which is derived from the reverse osmosis device, is utilized so as to relieve the steam turbine.

Alternately, a turbodrive, which is driven by the concentrate flow from the membrane, can be introduced from inlet flow of the membrane.

According to another preferred embodiment, the steam is used not only to drive the pump by means of a steam turbine, but rather a part of the steam is branched off, so as to produce current for the secondary units which continue to be needed and/or to directly operate, with steam, the circulating pump, which is needed for the production of steam. To this end, in accordance with the invention, the supply conduit to the steam turbine to drive the pump can be connected with at least one generator for the production of current and/or with at least one circulating pump of the steam production unit.

An embodiment of the desalination plant, in accordance with the invention, will be explained with the aid of the appended figure.

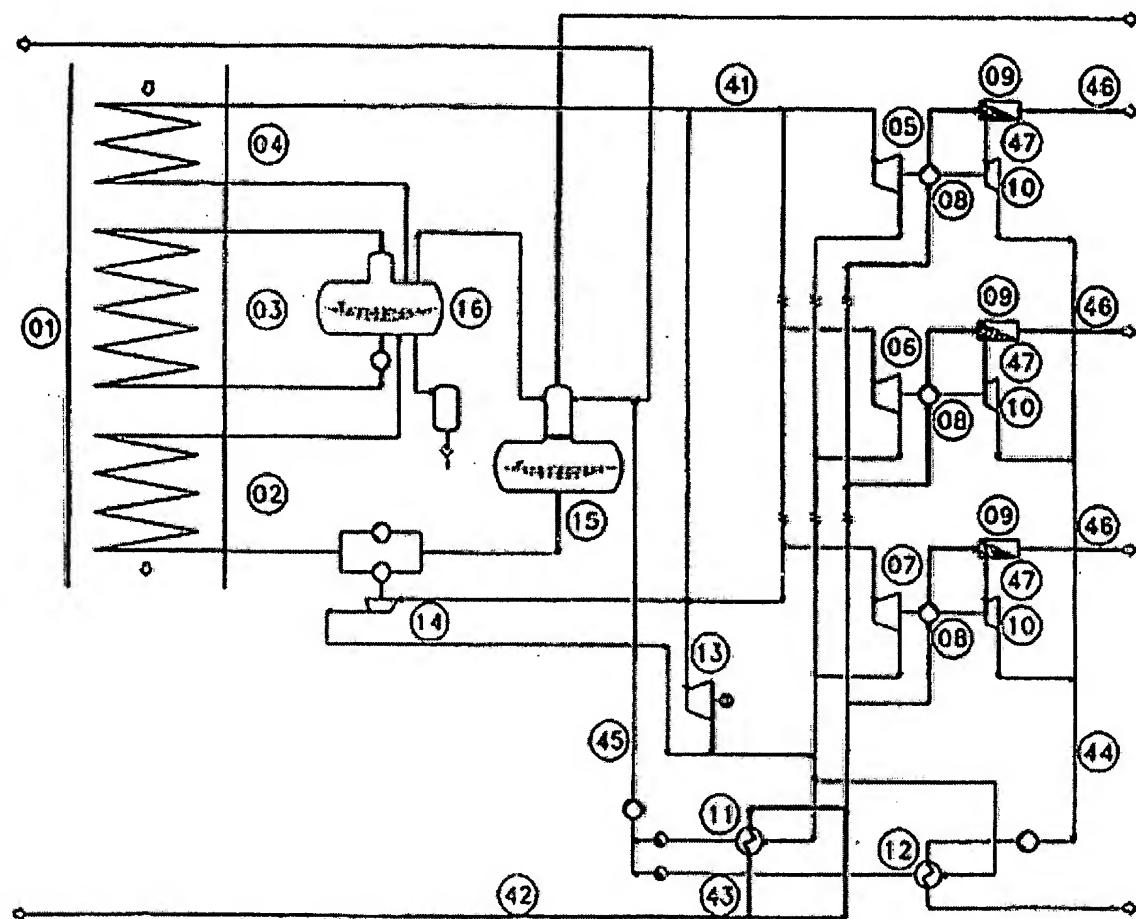
For example, a waste gas flow of a power plant or a chemical plant is conducted into a heat exchanger 1, which, for example, has a preheating circulation for the low-pressure condensation product 2, a middle evaporation circulation 3, and a steam overheating circulation 4. The overheated steam is conducted, via the conduit 41, to the steam turbine 5 or the other steam turbines 6 and 7. The generation of current 13 for secondary units and the steam turbine 14 for the circulating pump of the low-pressure condensation product for the production of steam are operated in the branches of the conduit 41. The low-pressure condensation product is collected in the condensation product tank 15 and conducted to the preheating circulation via the circulating pump. The preheated low-pressure condensation product is conducted to a receiving container 16 for the production of steam in the steam production circulation 3. The water to be desalinated is conducted to the pumps 8 via the conduit 42 or 43. The pumps 8 increase the pressure to the desired operating pressure in the reverse osmosis units 9. At least one partial flow 43 of the water to be desalinated, suctioned in the conduit 42, is conducted to the preheating unit via the heat exchanger 11. The water to be desalinated is subjected to the usual chemical and physical pretreatments, before it is conducted to the heat exchanger 11. The enriched salt water arrives at the energy recovery devices 10 (for example, Pelton turbines) via conduits 47. The enriched salt water, flowing from the energy recovery devices, is conducted, via a collecting conduit 44, to an additional heat exchanger 12, which is used to cool the steam exiting, on the outlet side, from the steam turbines 5, 6, and 7, so that after pressure relief, low-pressure condensation product can be conducted via a conduit 45 to the condensation product tank 15. The desalinated water is removed, via conduits 46, from the reverse osmosis units 9. It was possible to reduce the electrical energy requirement per  $m^3$  product water by more than 75% by means of the water desalination reverse osmosis plant, in accordance with the invention.

### Claims

1. Desalination plant, which is connected with a steam production unit, with at least one pump, and at least one membrane for the carrying out of reverse osmosis, characterized in that the pump (8) is directly connected to a steam turbine (5, 6, 7), which is operated with steam from the steam production unit.
2. Desalination plant, in particular, according to Claim 1, characterized in that a steam conduit is connected with a heat exchanger (11) for the preheating of the water to be desalinated.
3. Desalination plant according to Claim 2, characterized in that in addition to the heat exchanger (11) for the preheating, another heat exchanger (12) is provided.
4. Desalination plant according to one of Claims 1-3, characterized in that the pressure side of the reverse osmosis unit (9) is connected, on the outlet side, to an energy recovery device (10) coupled to the pump (8).

5. Desalination plant according to one of Claims 1-3, characterized in that a turbodrive, which is driven by the concentrate flow (47), is introduced into the inlet flow of the reverse osmosis unit (9).

6. Desalination according to one of Claims 1-5, characterized in that the supply conduit (41) to the steam turbine (5, 6, 7) for the pump drive can be connected with at least one generator (13) for the current production and/or with at least one steam turbine (14) for a circulating pump for the low-pressure condensation product of the steam production unit.





⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 196 40 460 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
C 02 F 1/44

⑯ Aktenzeichen: 196 40 460.6  
⑯ Anmeldetag: 30. 9. 96  
⑯ Offenlegungstag: 9. 4. 98

DE 196 40 460 A 1

⑯ Anmelder:  
Salzgitter Anlagenbau GmbH, 38239 Salzgitter, DE

⑯ Vertreter:  
Drömer, H., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Ass., 30659  
Hannover

⑯ Erfinder:  
Altmann, Thomas, 38302 Wolfenbüttel, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Entsalzungsanlage

⑯ Die Erfindung betrifft eine Entsalzungsanlage nach dem Prinzip der Umkehrosmose. Bei derartigen Anlagen ist es bisher üblich, den gewonnenen Dampf zu verstauen und mittels Elektromotoren die Pumpe zur Erzeugung des hohen Drucks des zu entsalzenen Wassers anzutreiben.

Aufgabe der Erfindung war es, durch einen erhöhten Gesamtwirkungsgrad die Entsalzungsanlage mit einem deutlich geringeren Energieaufwand zu betreiben und damit die Kosten zu senken.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird bei einer Entsalzungsanlage, die mit einer Dampferzeugungsanlage verbunden ist und wenigstens eine Hochdruckpumpe für das zu entsalzende Wasser sowie wenigstens eine Membran für die Durchführung einer Umkehrosmose aufweist, erfindungsgemäß die Pumpe direkt mit einer Dampfturbine verbunden, welche mit Dampf aus der Dampferzeugungsanlage betrieben wird.

DE 196 40 460 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Entsalzungsanlage nach dem Prinzip der Umkehrosmose.

Bei derartigen Anlagen wird das zu entsalzende Wasser in kontinuierlichem Betrieb unter hohem Druck durch eine semipermeable Wand gepreßt. Diese Wand kann durch unterschiedlichste Materialien und unterschiedlichste Aufbauweisen gebildet werden. Betriebsdruck und Temperatur des zu entsalzenden Wassers werden in Anpassung an die Kenndaten, insbesondere der Membran, festgelegt, wobei die von Druck und Temperatur abhängige Standzeit der Membran zu berücksichtigen ist.

Bei derartigen Anlagen ist es bisher üblich, den gewonnenen Dampf zu verstromen und mittels Elektromotoren die Pumpe zur Erzeugung des hohen Drucks des zu entsalzenden Wassers anzutreiben. Entsalzungsanlagen werden häufig gekoppelt an Kraftwerke, so daß z. B. aus der Restwärme eines Kraftwerkabgases Dampf erzeugt wird, der dazu dient, die thermische Entsalzungsanlage zu betreiben.

Die Verstromung hat den Nachteil, daß zum Antrieb der Pumpe zunächst mit dem Dampf Strom erzeugt werden muß, um den Elektromotor betreiben zu können. Dies erfolgt bekanntermaßen mit einem nur schlechten Wirkungsgrad, wodurch der Gesamtwirkungsgrad weiter verringert wird.

Aufgabe der Erfindung war es, durch einen erhöhten Gesamtwirkungsgrad die Entsalzungsanlage mit einem deutlich geringeren Energieaufwand zu betreiben und damit die Kosten zu senken.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird bei einer Entsalzungsanlage, die mit einer Dampferzeugungsanlage verbunden ist und wenigstens eine Hochdruckpumpe für das zu entsalzende Wasser sowie wenigstens eine Membran für die Durchführung einer Umkehrosmose aufweist, erfindungsgemäß die Pumpe direkt mit einer Dampfturbine verbunden, welche mit Dampf aus der Dampferzeugungsanlage betrieben wird.

Durch den direkten Einsatz des Dampfes auf die Dampfturbine, welche die Pumpe antreibt, wird eine deutliche Verringerung des pro m<sup>3</sup> entsalzten Wassers benötigten Energieverbrauches erreicht. Ein weiterer Vorteil ist daß bei der Dampfturbine ohne weiteren Aufwand eine Drehzahlregelung erfolgen kann, so daß eine Mengenstromregelung für das zu entsalzende Wasser und damit auch für das entsalzte Wasser möglich ist. Bei elektrisch angetriebenen Pumpen ist zwar grundsätzlich auch eine Drehzahlregelung möglich, diese ist aber technisch aufwendig und teuer.

Die Entsalzungsanlagen werden üblicherweise mit Meer- oder Brackwasser gespeist. Das Salzwasser unterliegt in seiner Temperatur jahreszeitlichen Schwankungen. Auch die Leistung der Einheit für die Umkehrosmose ist von der Temperatur abhängig. Die Leistung der Entsalzungsanlage muß daher auf die niedrigste Wassertemperatur ausgelegt werden. Da bei höheren Wassertemperaturen nicht mit gleichbleibendem Druck verfahren werden kann, muß eine Druckentlastung der Umkehrosmoseeinheit erfolgen. Nachdem der Druck vorher mit Energieaufwand erzeugt worden ist, führt dies letztlich zu einer nutzlosen Energievernichtung.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, dies zu vermeiden.

Dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, die Dampfturbine, welche dem Betrieb der Pumpe dient, mit einem Wärmetauscher zur Vorheizung des zu entsalzenden

Wassers zu verbinden. Die erforderliche Dampfmenge kann eingangseitig der Dampfturbine abgezweigt werden. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, den aus der Dampfturbine austretenden Dampf über den Wärmetauscher zu führen, an dem eine Abkühlung des Dampfes mit anschließender Entspannung stattfindet, so daß ein Niedrigdruckkondensat vorliegt, welches erneut für die Dampferzeugung verwendet werden kann. Es ist insbesondere vorgesehen, in dem Wärmetauscher das zu entsalzende Wasser auf eine im wesentlichen jahreszeitunabhängige Temperatur zu erwärmen. Damit liegen an der Umkehrosmoseeinheit im wesentlichen gleichbleibende, konstante Arbeitsbedingungen hinsichtlich Druck und Temperatur des zu entsalzenden Wassers vor. Hiermit kann in Abstimmung auf die Kenndaten der Umkehrosmoseeinheit der Betrieb so eingestellt werden, daß eine optimale Standzeit erreicht wird. Die Vorheizung ist insbesondere auch deshalb vorteilhaft, weil pro Temperaturerhöhung um 1 K bei gleichbleibendem Druck eine Produktionssteigerung von ca. 2-3% erreicht wird.

Es ist zweckmäßig, zusätzlich zu dem "Haupt"-Wärmetauscher einen weiteren Wärmetauscher vorzusehen, in dem der Dampf das aus der Umkehrosmose abfließende, mit Salz angereicherte Wasser erwärmt. Dies dient dazu, die Temperatur des Dampfes zu verringern, so daß nach Entspannung ein Niedrigdruckkondensat zur Dampferzeugung vorliegt. Mit diesem weiteren Wärmetauscher kann eine Anpassung an sich jahreszeitlich verändernde Temperaturen des zu entsalzenden Wassers erfolgen. In dem Hauptwärmetauscher ist dann immer nur soviel Wärme zu übertragen, wie zur Einstellung der konstanten Temperatur des zu entsalzenden Wassers erforderlich ist. Die Restwärme des Dampfes wird über den Zusatzwärmetauscher abgeführt. Bevorzugt ist der Zusatzwärmetauscher parallel zum Hauptwärmetauscher geschaltet.

Nach einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Entsalzungsanlage ist die Druckseite der Anlage für die Umkehrosmose ausgangsseitig mit einer an die Pumpe gekoppelten Energierückgewinnungseinrichtung verbunden. Hierbei kann es sich insbesondere um eine auf die durch die Dampfturbine angetriebene Pumpenwelle aufgesetzte Peltonturbine handeln. Hierdurch wird der noch relativ hohe Druck des mit Salz angereicherten Wassers, welches aus der Umkehrosmoseeinrichtung abgeleitet wird, genutzt, um die Dampfturbine zu entlasten.

Alternativ kann in den Eingangsstrom der Membran ein Turboantrieb eingebracht sein, der von dem Konzentrationsstrom aus der Membran angetrieben wird.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführung wird der Dampf nicht nur für den Antrieb der Pumpe mittels einer Dampfturbine verwendet, sondern ein Teil des Dampfes wird abgezweigt, um Strom für die weiterhin erforderlichen Nebenaggregate zu erzeugen und/oder um die für die Dampferzeugung erforderliche Umwälzpumpe direkt mit Dampf zu betreiben. Dazu ist erfindungsgemäß die Zuleitung zur Dampfturbine für den Pumpenantrieb mit wenigstens einem Generator zur Stromerzeugung und/oder mit wenigstens einer Umwälzpumpe der Dampferzeugungsanlage verbindbar.

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Entsalzungsanlage wird anhand der beigefügten Abbildung erläutert.

Z. B. ein Abgasstrom eines Kraftwerkes oder einer Chemie-Anlage wird in einen Wärmetauscher 1 geleitet, der z. B. einen Vorheizkreislauf für das Niedrigdruck-

kondensat 2, einen mittleren Verdampfungskreislauf 3 und einen Dampfüberhitzungskreislauf 4 aufweist. Der überhitzte Dampf wird über die Leitung 41 der Dampfturbine 5 bzw. den weiteren Dampfturbinen 6 und 7 zugeleitet. In den Abzweigungen der Leitung 41 werden die Stromerzeugung 13 für Nebenaggregate und die Dampfturbine 14 für die Umwälzpumpe des Niedrigdruckkondensats für die Dampferzeugung betrieben. Das Niedrigdruckkondensat wird im Kondensattank 15 gesammelt und über die Umwälzpumpe dem Vorwärmekreislauf zugeführt. Das vorgewärmte Niedrigdruckkondensat wird einem Vorlagebehälter 16 für die Dampferzeugung im Dampferzeugungskreislauf 3 zugeführt. Über die Leitung 42 bzw. 43 wird das zu entsalzende Wasser zu den Pumpen 8 geführt. Die Pumpen 8 erhöhen den Druck auf den gewünschten Betriebsdruck in den Umkehrrosmoseeinheiten 9. Mindestens ein Teilstrom 43 des in der Leitung 42 angesaugten, zu entsalzenden Wassers wird über den Wärmetauscher 11 zur Vorwärmung geführt. Das zu entsalzende Wasser wird den üblichen chemischen und physikalischen Vorbehandlungen unterworfen, bevor es dem Wärmetauscher 11 zugeführt wird. Über Leitungen 47 gelangt das angereicherte Salzwasser auf die Energierückgewinnungseinrichtungen 10 (z. B. Pelton-Turbinen). Das aus den Energierückgewinnungseinrichtungen abfließende angereicherte Salzwasser wird über eine Sammelleitung 44 einem zusätzlichen Wärmetauscher 12 zugeführt, welcher dazu dient, den ausgangsseitig der Dampfturbinen 5, 6 und 7 austretenden Dampf zu kühlen, so daß nach einer Entspannung über eine Leitung 45 Niedrigdruckkondensat dem Kondensattank 15 zugeführt werden kann. Das entsalzte Wasser wird aus den Umkehrrosmoseeinheiten 9 über Leitungen 46 abgeführt. Durch die erfindungsgemäße Entsalzungsanlage gelang es, den elektrischen Energiebedarf pro m<sup>3</sup> Produktwasser um mehr als 75% zu verringern.

## Patentansprüche

1. Entsalzungsanlage, welche mit einer Dampferzeugungsanlage verbunden ist, mit wenigstens einer Pumpe und wenigstens einer Membran für die Durchführung einer Umkehrrosmose, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe (8) direkt mit einer Dampfturbine (5, 6, 7) verbunden ist, welche mit Dampf aus der Dampferzeugungsanlage betrieben wird.
2. Entsalzungsanlage insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Dampfleitung mit einem Wärmetauscher (11) zur Vorheizung des zu entsalzenden Wassers verbunden ist.
3. Entsalzungsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem Wärmetauscher (11) für die Vorheizung ein weiterer Wärmetauscher (12) vorgesehen ist.
4. Entsalzungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckseite der Umkehrrosmoseeinheit (9) ausgangsseitig mit einer an die Pumpe (8) gekoppelten Energierückgewinnungseinrichtung (10) verbunden ist.
5. Entsalzungsanlage nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß in den Eingangsstrom der Umkehrrosmoseeinheit (9) ein Turboantrieb eingebracht ist, der von dem Konzentratstrom (47) angetrieben wird.
6. Entsalzungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuleitung

(41) zur Dampfturbine (5, 6, 7) für den Pumpenbetrieb mit wenigstens einem Generator (13) zur Stromerzeugung und/oder mit wenigstens einer Dampfturbine (14) für eine Umwälzpumpe für das Niedrigdruckkondensat der Dampferzeugungsanlage verbindbar ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

